Opusc. Zool. Budapest, XV, 1–2, 1978

Die Bedeutung der Krautschicht bei Fütterungsversuchen von grosskörperigen Lumbriciden-Arten

Von

M. POBOZSNY und A. ZICSI**

Abstract. The present contribution discusses one of the problems concerning a series of investigations carried out in hornbeam-oak forest stands in the past several years in connection with the material and energy turn-over. According to earlier feeding biological investigations it was revealed that the large-bodied litter inhabiting earthworms would be able consume a much larger quantity of litter than is produced by the mentioned forest stand in a year. The question arises the herbaceous litter supplies adequate food for these earthworms in the period after the total disappearence of the previous litter and befor the next litter fall, i.e. in the „period of starvation". The authors tried to find the answer in model experiments using five earthworm taxa: *Lumbricus polyphemus*, *L. terrestris*, *Dendrobaena platyura platyura*, *D. p. montana*, *D. p. depressa*.

It was established, that all the taxa preferred *Asperula odorata*. The species *L. polyphemus*, *L. terrestris* and *D. p. depressa* consumed all the four plant species of the herbaceous vegetation, though the quantity of consumption varied. According to chemical analysis carried out on the plant samples the primarily preferred and consumed *A. odorata* revealed the narrowest C/N ratio; this preference might be connected with the high content of water-soluble carbohydrates in this plant.

Seit mehreren Jahren wird der Nahrungsbedarf und die Konsummenge grosskörperiger Lumbriciden-Arten in Hainbuchen-Eichenwäldern Ungarns verfolgt (ZICSI, 1975, 1977, 1978; ZICSI & POBOZSNY, 1977). Die Untersuchungen verlaufen einerseits in Modellversuchen im Höhlenbiologischen Laboratorium von Aggtelek, anderseits wird die Zersetzung der Laubstreu in zwei Hainbuchen-Eichenwäldern, durch monatliche Bestimmung der vorliegenden Streuschicht bestimmt. Aus den mehrjährigen Fütterungsversuchen geht eindeutig hervor, dass die Arten – entsprechend der im Freien festgestellten Besatzdichte – bedeutend mehr Fallaub verzehren können als überhaupt von diesen Beständen pro Jahr geliefert werden kann.

Wie aus den monatlichen Bestimmungen der vorliegenden Laubstreu hervorgeht, werden im Freien ähnliche, doch nicht die gleichen Mengen konsumiert. Dies hängt von den jeweiligen klimatischen Verhältnisse der Standorte ab, insbesondere sind die schneelosen Frosttage der Wintermonate und die langan-

* Durchgeführt im Rahmen des MAB-Programmes (MAB Report, Ser. No. 41, 1977, „Cserhát-Vértes Project"), sowie des RWG-Programmes (Problem No. III/1).

** *Mária Pobozsny* und *Dr. András Zicsi*, ELTE Állatrendszertani és Ökológiai Tanszék (Lehrstuhl für Tiersystematik und Ökologie der Eötvös-Loránd Universität), 1088 Budapest, VIII. Puskin u. 3.

dauernden Trockenperioden im Frühjahr und Sommer für die kontinuierliche Frasstätigkeit dieser grosskörperigen Lumbriciden-Arten ausschlaggebend. Wir veranschaulichen auf Abb. 1 den Laubschwund verschiedener Jahre (1971 – 1976) des Waldbestandes im Cserhát-Gebirge, wo an der Zersetzung der Laubstreu die Arten *Lumbricus polyphemus* FITZ., 1833, *Dendrobaena platyura platyura* (FITZ., 1833) und *D. p. depressa* (ROSA, 1893) beteiligt sind. Wie aus der Abbildung zu ersehen ist, verschwindet 1972 und 1975 praktisch bereits im Mai sämtliches Fallaub, also innerhalb 6 Monaten nach dem Laubfall im Dezember. Aber auch in anderen Jahren reicht die Streu nicht immer bis zum neuen Laubfall aus.

Unsere Fütterungsversuche zeigten jedoch auch, dass die dominanten Laubarten des untersuchten Waldbestandes (Hainbuche 85%, Stieleiche, Buche usw. 25%) in den ersten Monaten nach dem Laubfall (November – Februar) überhaupt nicht, oder nur in geringen Mengen aufgenommen werden (Tabelle 1).

Es ergibt sich nun die Frage: womit ernähren sich in solchen Fällen diese grosskörperigen Lumbriciden-Arten?

In einer vorausgehenden Arbeit (ZICSI, 1975) wurde die Vermutung ausgesprochen, dass die Tiere Hungerperioden ausgesetzt sind, da sie anhand von Beobachtungen im Laboratorium auch 40% ihres Körpergewichtes wegen Nahrungsmangel ohne Schaden einbüssen können, oder sie ernähren sich von anderen organischen Substanzen, gegebenenfalls von denen der Krautschicht.

Diese Beobachtungen veranlassten uns, Fütterungsversuche mit den dominanten Pflanzenarten der Krautschicht des seit mehreren Jahren untersuchten Hainbuchen-Eichenbestandes durchzuführen.

Über die Vegetationsverhältnisse der Krautschicht des untersuchten Waldbestandes unterrichten uns die Arbeiten von ISÉPY (1974, 1977). Aufgrund dieser Arbeiten beträgt die Phytomasse im Jahr 40,2 g/m². Die dominanten Arten sind die folgenden: *Melica uniflora, Carex pilosa, Asperula odorata* und *Lamium galeobdolon*.

Tabelle 1. Streukonsum verschiedener grosskörperiger Lumbriciden-Arten (1975/1976) in mg/Tag auf 1 g Lebendgewicht berechnet

Monat	*L. polyphemus*			*D. p. platyura*			*D. p. depressa*		
	Hainbuche	Stieleiche	Buche	Hainbuche	Stieleiche	Buche	Hainbuche	Stieleiche	Buche
November	2,6	–	–	4,8	–	–	1,8	–	–
Dezember	3,9	–	–	2,3	–	–	2,0	–	–
Januar	1,5	–	–	3,3	–	–	5,3	–	–
Februar	5,0	–	–	7,1	–	–	8,8	–	–

In der vorliegenden Arbeit wurde zum Ziel gesetzt festzustellen, inwiefern sich verschiedene grosskörperige Lumbriciden-Arten von den erwähnten dominanten Pflanzenarten der Krautschicht ernähren, ferner welche chemischen Veränderungen sich während der Rottezeit in diesen Substraten abspielen.

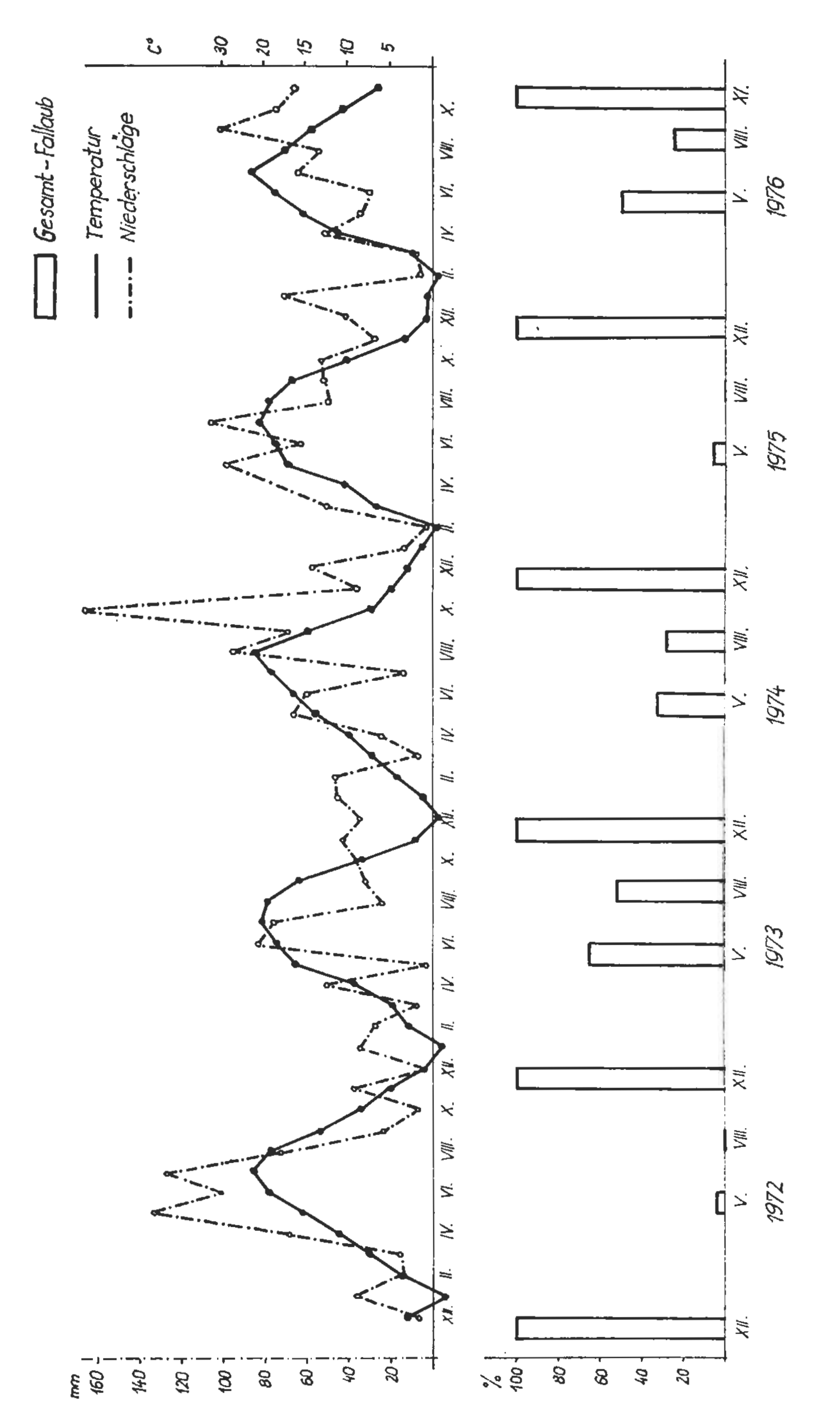


Abb. 1. Gestaltung der Streuverhältnisse in den Jahren 1971 – 1976

Untersuchungsmethode

Die Fütterungsversuche wurden im Höhlenbiologischen Laboratorium der Baradla-Höhle von Aggtelek durchgeführt. Der Boden wurde ähnlich wie bei den Fütterungsversuchen der Laubstreu (Zicsi, Hargitai & Pobozsny, 1971) in Monolithen von 50 cm Höhe und 25 × 25 cm^2 Grundfläche, dem im Freien gewachsenen Boden entsprechend, geschichtet. Die in vierfacher Wiederholung angelegten Untersuchungen wurden mit folgenden Regenwurmarten durchgeführt: *Lumbricus polyphemus* Fitz., 1833, *L. terrestris* L., *Dendrobaena platyura platyura* (Fitz., 1833), *D. p. depressa* (Rosa, 1893) und *D. p. montana* (Čern., 1932). Als Futter wurde *Melica uniflora, Carex pilosa, Asperula odorata* und *Lamium galeobdolon* verabreicht. Die im Juni 1975 entnommenen Proben wurden getrocknet und im lufttrocknen Zustand gewogen. Vor Beginn des Versuches wurden die nach Arten gesonderten Proben wieder angefeuchtet. Die Versuche dauerten 48 Tage, bei *Lamium galeobdolon* nur 19, da die Zersetzungsprozesse sich bei dieser Pflanzen-Art so in den Fütterungsversuchen wie in den Kontrollversuchen äusserst rasch vollzogen.

Für die Berechnung des Konsums lagen einerseits die von den verschiedenen Pflanzenarten zurückgebliebenen Restwerte der angebotenen Nahrung, anderseits der Gewichtsschwund in den Kontrollversuchen, der sich ohne Teilnahme der Regenwürmer ergab, vor. Den tatsächlichen Konsum der Regenwürmer berechneten wir mit Hilfe der Formel nach Reiman:

$$(M-m)\ \frac{S}{M}$$

wobei M = den Rest der Kontrollsubstanz, m = den Rest des Regenwurmkonsums und S = das Ausgangsgewicht der Futtersubstanz bedeutet (Zicsi & Pobozsny, 1977).

Die Berechnung des Konsums erfolgte in mg luftrocknem Materials pro Tag und 1 g Lebendgewicht der Versuchstiere.

Für die chemischen Untersuchungen wurden vom Ausgangsmaterial und nach Verlauf der Versuche Proben genommen. Es wurde der Gesamtgehalt der organischen Substanz (Glühverfahren), der Gesamtstickstoffgehalt (Kjeldahl-Verfahren) und der Stabilitätskoeffizient (Hargitai, 1955) bestimmt. Mit Hilfe der Streustoffanalyse wurden die verschiedenen Komponente der organischen Substanz, wie Fette, Gerbstoffe, Farbstoffe, Zucker und Stärke, Pektin und Hemizellulose, Zellulose, Lignin bzw. die Menge des Eiweissgehaltes, analysiert (Schlichting & Blume, 1966).

Besprechung der Ergebnisse

Die Ergebnisse unserer Fütterungsversuche fassen wir in Tabelle 2 zusammen.

Wie aus den Ergebnissen der Tabelle 2 ersichtlich, zeigen sich beim Konsum der dominanten Pflanzenarten der Krautschicht bei den einzelnen Lumbriciden-Arten bedeutende Unterschiede. Allein *Asperula odorata* wurde von allen Arten verzehrt, doch liegen die Werte des Konsums — wie dies aus Tabelle 3 ersichtlich — unter dem potenziellen Konsum, da die Veruschstiere an Gewicht verloren haben. Dies trifft für sämtliche übrigen verfütterten Pflanzen-Arten zu.

Tabelle 2. Konsum verschiedener Regenwurm-Arten in mg/Tag auf 1 g Lebendgewicht berechnet

Regenwurm-Art	*Melica uniflora*	*Carex pilosa*	*Lamium galeobdolon*	*Asperula odorata*
L. polyphemus	0,8	2,0	26,4	10,1
L. terrestris	7,0	5,4	7,4	8,3
D. p. platyura	–	–	–	14,3
D. p. depressa	1,8	5,9	3,0	7,8
D. p. montana	3,3	–	–	8,3

Tabelle 3. Die Gestaltung des Ausgangsgewichtes (100%) beim Konsum verschiedener Pflanzen-Arten der Krautschicht nach 48 Versuchstagen

Regenwurm-Art	*Melica uniflora*	*Carex pilosa*	*Asperula odorata*
L. polyphemus	89,3%	77,9%	92,6%
L. terrestris	96,5%	84,8%	96,8%
D. p. platyura	86,4%	69,4%	81,0%
D. p. depressa	98,2%	84,0%	86,3%
D. p. montana	86,6%	88,2%	91,4%

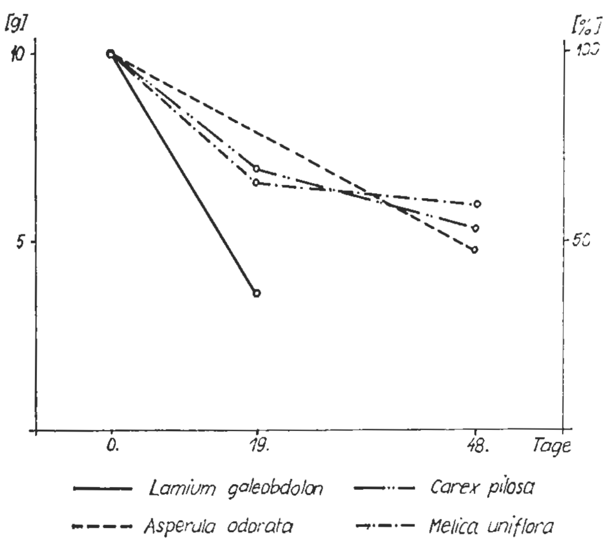


Abb. 2. Gewichtsverlust der Kontroll-Proben

Interessant ist allenfalls die Tatsache, dass 3 Arten, *L. polyphemus*, *L. terrestris* und *D. p. depressa* sich, wenn auch in verschiedenem Masse, von den Vertretern der Krautschicht ernähren können. Allein der hohe Konsum von *L. polyphemus* an *Lamium galeobdolon* weist auf eine Bevorzogung dieser Pflanzenart hin.

Im weiteren wird versucht durch chemische Analysen des verfütterten Materials den Grund des mässigen Konsums der verschiedenen Pflanzen-Arten zu erkunden.

Über den Zersetzungsverlauf verschiedener Pflanzen-Arten gibt der Gewichtsschwund in einer bestimmten Zeitspanne gewisse Aufschlüsse. Auf Abb. 2 wird der Gewichtsschwund des Kontroll-Materials veranschaulicht. Am schnellsten zersetzte sich Lamium galeobdolon, innerhalb von 19 Tagen blieb nur 36% des Ausgangsgewichtes in den Kontrollgefässen übrig. Bei den anderen drei Pflanzen-Arten konnte nach 48 Tagen der Untersuchungsperiode noch immer 47 – 59% des Ausgangsgewichtes festgestellt werden. Bei *Melica uniflora* und *Carex pilosa* verläuft die Kurve des Gewichtsschwundes beinahe gleich.

Die Ergebnisse des Gewichtsschwundes stimmen mit denen der chemischen Analysen gut überein. (Tabelle 4).

Tabelle 4. Gewichtsschwund und die Veränderung der chemischen Komponente während der Untersuchungsfrist bei den verschiedenen Pflanzen-Arten in den Kontroll-Versuchen

Pflanzen	Gewichts-schwund g	Gesamtorganische Substanz %	Stickstoff-gehalt %	C:N	Stabilitäts-koeffizient K
Melica uniflora					
Ausgangsmaterial	10,00	91,15	1,71	30,9	0,0056
Nach 48 Tagen	5,95	89,06	1,66	31,1	0,0074
Carex pilosa					
Ausgangsmaterial	10,00	89,44	3,21	16,2	0,0045
Nach 48 Tagen	5,35	82,92	2,56	18,8	0,0150
Asperula odorata					
Ausgangsmaterial	10,00	87,45	2,02	25,1	0,0054
Nach 48 Tagen	4,78	62,27	3,74	9,7	0,0167
Lamium galeobdolon					
Ausgangsmaterial	10,00	81,49	2,94	16,1	0,0110
Nach 19 Tagen	3,65	65,34	2,86	13,2	0,0100

Bei den Kontrollsubstanzen, bei denen der Gewichtsschwund grösser war, wurde die gesamtorganische Substanz niederer, der Stickstoffgehalt höher und dementsprechend besassen diese ein engeres C : N-verhältnis.

Diejenigen Pflanzen-Arten, die in den Kontroll-Versuchen einen grösseren Gewichtsschwund aufwiesen, besassen, wenn auch nicht bedeutendere, doch höhere Stabilitätskoeffizient-Werte. Wie bereits erwähnt, sind die Zersetzungsprozesse bei *Lamium galeobdolon* am bedeutesten, die gesamtorganische Substanz ist in den Kontroll-Proben von 81,49% auf 65,34% gesunken, ohne dass der

Stickstoffgehalt besondere Veränderungen aufwies, wodurch auch das C : N-Verhältnis sich nur von 16,1 auf 13,2 verengte. Der Stabilitätskoeffizient blieb sozusagen unverändert.

Die in der Literatur vertretene Ansicht, dass organische Substanzen (vorwieglich Laubstreu) mit engerem C : N-Verhältnis im allgemeinen von der Bodenfauna bevorzugt werden (WITTICH, 1953; DUNGER, 1958; SATCHELL & LOWE, 1967; ZICSI & POBOZSNY, 1977), konnte eindeutig bei *Asperula odorata* nachgewiesen werden, wo eine Verengung des C : N-Verhältnisses von 25,1 auf 9,7 festgestellt werden konnte, und wo auch die Konsumwerte ausgeglichener waren.

Auf Abb. 3 werden die Ergebnisse der Streustoffanalyse veranschaulicht. Bei *Melica uniflora* und *Carex pilosa* stimmt die Zusammensetzung der Stoffgruppen nahezu überein, während bei den anderen beiden Arten grosse Unterschiede bestehen. Bei *Asperula odorata* ist der Zucker- und Stärkegehalt hoch.

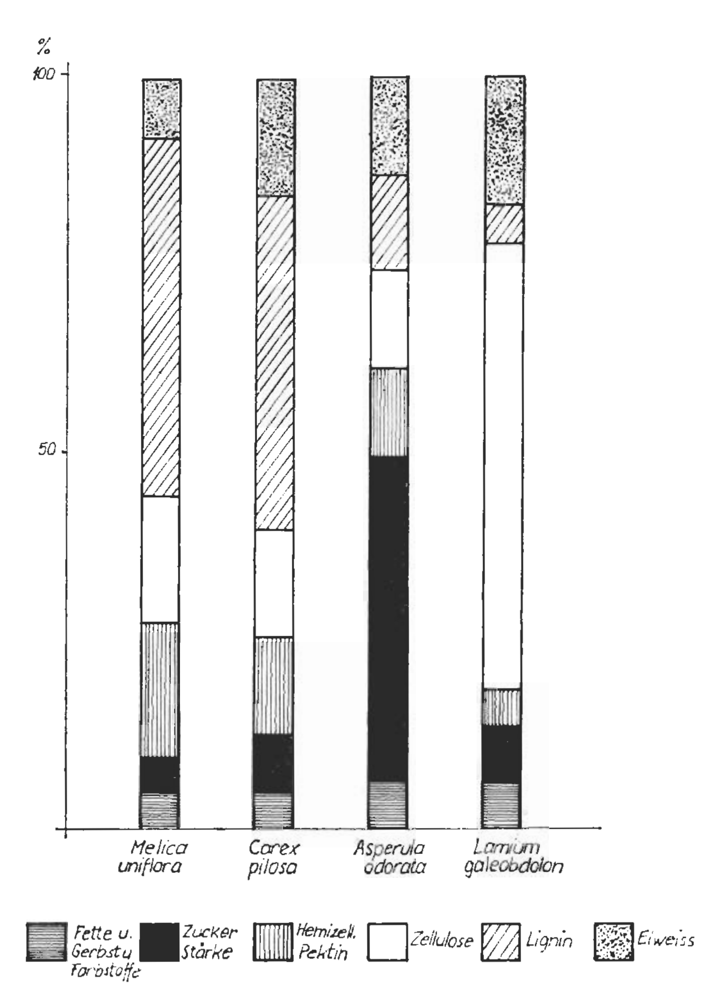


Abb. 3. Menge der verschiedenen Stoffgruppen in den untersuchten Pflanzen-Arten (in% der gesamtorganischen Substanz)

die übrigen Komponente verteilen sich in nahezu gleichem Verhältnis. Bei *Lamium galeobdolon* konnte ein hoher Zellulosegehalt bestimmt werden, welcher 59,2% der gesamtorganischen Substanz ausmachte, während der Ligningehalt nur 5,2 betrug. Die relative Menge der übrigen Komponente ist ebenfalls niedrig. Nach 19 Tagen ist der hohe Zellulosegehalt auf 7,5 gesunken, womit auch die rasche Zersetzlichkeit dieser Pflanzenart auch in den Kontroll-Versuchen zu erklären ist.

Auf Abb. 4 veranschaulichen wir die einzelnen Stoffgruppen-Mengen der Futterpflanzen im Vergleich mit dem Konsum der verschiedenen Regenwurm-

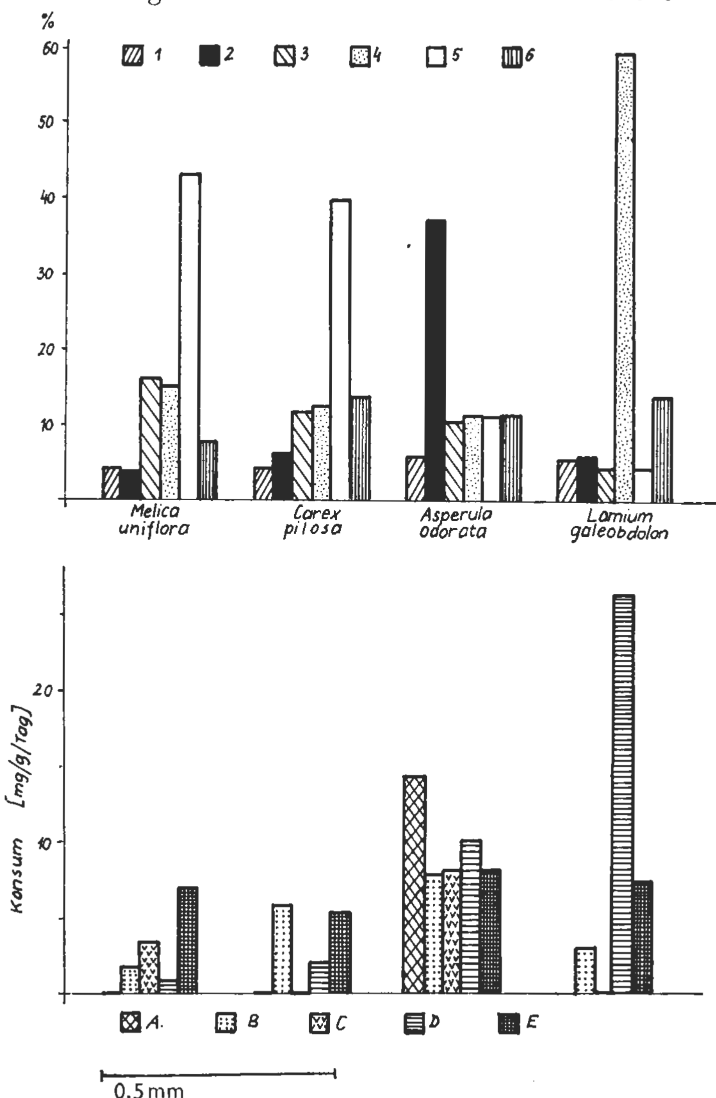


Abb. 4. Vergleich der Stoffgruppen-Mengen und des Konsums bei den untersuchten Pflanzen-Arten
1: Fette, Gerbstoffe; *2:* Zucker, Stärke; *3:* Hemizellulose, Pektin; *4:* Zellulose; *5:* Lignin; *6:* Eiweiss.
A: D. p. platyra; B: D. p. depressa; C: D. p. montana; D: L. polyphemus; E: L. terrestris

Arten. Es kann angenommen werden, dass die bedeutende Menge der wasserlöslichen Kohlenhydrate bei Asperula odorata eine Bevorzugung beim Konsum aller Regenwurm-Arten verursacht. Dass *L. polyphemus* auch *Lamium galeobdolon* besonders gerne verzehrte, muss artspezifisch bedingt sein.

Wie aus den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchungen hervorgeht, besitzt beim Konsum der dominanten Pflanzen-Arten der Krautschicht im untersuchten Hainbuchen-Eichenbestand nach Verschwinden der Streuschicht in erster Linie *Asperula odorata* im Nahrungsnachschub der grosskörperigen Regenwurm-Arten eine gewisse Bedeutung. Da im Spätherbst der Konsum des frisch gefallenen Fallaubes, wie dies aus Tabelle 1 ersichtlich, äusserst gering ist, kann die Vegetation der Krauftschicht auch als Nahrungsquelle in Betracht gezogen werden.

SCHRIFTTUM

1. DUNGER, W. (1958): *Über die Zersetzung der Laubstreu durch die Boden-Makrofauna im Auenwald.* – Zool. Jahrb. Syst., 86: 139–180.
2. HARGITAI, L. (1955): *Összehasonlító szervesanyag-vizsgálatok különböző talajtípusokon optikai módszerekkel.* – Agrártud. Egy. Agron. Kar kiadv., Gödöllő–Budapest, 2: 1–27.
3. ISÉPY, I. (1974): *Avarprodukció és az avarlebomlás sebességének mérése mezofil lomboserdőkben.* – Bot. Közlem., 61: 205–216.
4. ISÉPY, I. (1977): *Gyertyános-tölgyesek primér produkciója és az időjárási viszonyok hatása a lombavar bomlására.* – MTA Biol. Oszt. Közlem., 20: 188–205.
5. SATCHELL, J. E. & LOWE, D. G. (1967): *Selection of leaf litter by Lumbricus terrestris.* – In: Graff, O. & Satchell, J. E. (ed.): Progress in soil biology. Amsterdam, 102–119.
6. SCHLICHTING, E. & BLUME, H. P. (1966): *Bodenkundliches Praktikum.* – Hamburg–Berlin, pp. 209.
7. WITTICH, W. (1953): *Untersuchungen über den Verlauf der Streuzersetzung auf einem Boden mit starker Regenwurmtätigkiet.* – Schriftenr. Forstl. Fak. Göttingen, 9 : 1–33.
8. ZICSI, A. (1975): *Zootische Einfüsse auf die Streuzersetzung in Hainbuchen-Eichenwäldern Ungarns.* – Pedobiologia, 15: 432–438.
9. ZICSI, A. (1977): *Néhány földigiliszta faj szerepe az avarlebontásban.* – MTA Biol. Oszt. Közlem., 20: 273–243.
10. ZICSI, A. (1978): *Nahrungsansprüche einheimischer Lumbriciden-Arten und ihre Bedeutung für die Ökosystemforschung in Ungarn.* – Pedobiologia, 18: 341–349.
11. ZICSI, A., HARGITAI, L. & POBOZSNY, M. (1971): *Über die Auswirkung der Tätigkeit des Regenwurmes Lumbricus polyphemus Fitz. auf die Veränderungen der Humusqualität im Boden.* – Ann. Zool. Ecol. Anim. No. Hors Serie, Dijon, 397–408.
12. ZICSI, A. & POBOZSNY, M. (1977): *Einfluss des Zersetzungsverlaufes der Laubstreu auf die Konsumintensität einiger Lumbriciden-Arten.* – Soil Organisms as Components of Ecosystems. Ecol. Bull. Stockholm, 25: 229–239.